(51) Internationale Patentklassifikation 6:

G02B 21/06

A2

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 97/25644

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:

17. Juli 1997 (17.07.97)

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/DE97/00059

(22) Internationales Anmeldedatum: 10. Januar 1997 (10.01.97)

(30) Prioritätsdaten:

196 01 109.4

13. Januar 1996 (13.01.96)

DE

Veröffentlicht

Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.

DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT,

(81) Bestimmungsstaaten: US, europäisches Patent (AT, BE, CH,

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): LASER-UND MEDIZIN-TECHNOLOGIE GMBH, BERLIN [DE/DE]; Krahmerstrasse 6-10, D-12207 Berlin (DE).

(72) Erfinder; und

- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MÜLLER, Gerhard [DE/DE]; An der Rehwiese 8, D-14129 Berlin (DE). BEUTHAN, Jürgen [DE/DE]; Schützenstrasse 9, D-12165
- (74) Anwalt: CHRISTIANSEN, Henning; Pacellialiee 43/45, D-14195 Berlin (DE).

(54) Title: NEAR-FIELD LIGHT SOURCE

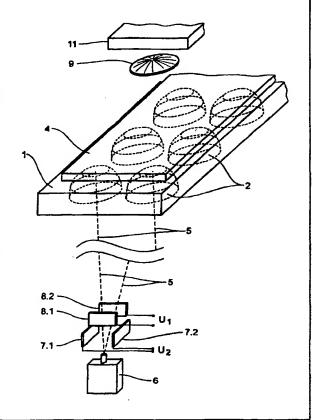
(54) Bezeichnung: NAHFELDLICHTQUELLE

(57) Abstract

The invention concerns a near-field light source, especially for background illumination of a probe (4) in a microscope, with a support member (1) with a hollow channel (2) which essentially runs parallel to the direction of light emission and is at least partly filled with an excitonically active material (3) as well as with a radiation source (6) which is on the observe side from the sample for exciting the excitonically active material (3) to emit light. The support member (1) exhibits a number of contiguous hollow channels (2) which run essentially parallel to the direction of light emission and which are at least partly filled with an excitonically active material (3).

(57) Zusammenfassung

Nahfeldlichtquelle, insbesondere zur Hintergrundbeleuchtung einer Probe (4) in einem Mikroskop, mit einem Trägerelement (1) mit einem im wesentlichen parallel zur Lichtaustrittsrichtung verlaufenden Hohlkanal (2), der mindestens teilweise mit einem excitonenaktiven Material (3) gefüllt ist sowie einer auf der probenabgewandten Seite des Trägerelements (1) angeordneten Strahlungsquelle (6) zur Anregung des excitonenaktiven Materials (3) zur Lichtabgabe, wobei das Trägerelement (1) eine Vielzahl von nebeneinander angeordneten, jeweils im wesentlichen parallel zur Lichtaustrittsrichtung verlaufenden Hohlkanälen (2) aufweist, die mindestens teilweise mit einem excitonenaktiven Material (3) gefüllt sind.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AM	Armenien	GB	Vereinigtes Königreich	MX	Mexiko
AT	Österreich	GE	Georgien	NE	Niger
AU	Australien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BB	Barbados	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BE	Belgien	HU	Ungarn	NZ	Neusceland
BF	Burkina Faso	IE	Irland	PL	Polen
BG	Bulgarien	IT	Italien	PT	Portugal
BJ	Benin	JP	Japan	RO	Rumanien
BR	Brasilien	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
BY	Belarus	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CA	Kanada	KР	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SG	Singapur
CG	Kongo	KZ	Kasachstan	SI	Slowenien
CH	Schweiz	L	Liechtenstein	SK	Slowakei
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SN	Senegal
CM	Kamerun	LR	Liberia	SZ	Swasiland
CN	China	LK	Litauen	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
EE	Estland	MG	Madagaskar	UG	Uganda
ES	Spanien	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	MN	Mongolei	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MR	Mauretanien	VN	Vietnam
GA	Gabon	MW	Malawi		

-			
	Nahfeldlicht	muel le	

WO 97/25644

PCT/DE97/00059

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Nahfeldlichtquelle, insbesondere zur Hintergrundbeleuchtung einer Probe in einem Mikroskop gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Es ist bei der Nahfeldmikroskopie bekannt, zur Objektbeleuchtung ultradünne optische Fasern zu verwenden, die eine
Punktlichtquelle bilden, wobei die Fasern piezoelektrisch
bewegt werden können, um verschiedene Bereiche zu beleuchten. Nachteilig ist hierbei, daß mechanisch bewegte Teile
erforderlich sind.

10 Weiterhin ist die sogenannte Nano-Lichtquelle nach Prof.
Aaron Lewis bekannt, die aus einer bis auf 50 nm konisch
ausgezogenen Glaskapillare besteht, die endständig mit Anthrazen als excitonenaktivem Material gefüllt ist, wobei
das Anthrazen von einem Argon-Laser zur Lichtabgabe ange15 regt wird. Nachteilig ist hierbei das kleine Beleuchtungsfeld.

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, eine Nahfeldlichtquelle, insbesondere für die Nahfeldmikroskopie,
zu schaffen, die über ein möglichst großes Beleuchtungsfeld
verfügt und möglichst wenig bewegte Teile aufweist.

Die Aufgabe wird, ausgehend von einer Nahfeldlichtquelle gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs, durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Die Erfindung schließt die technische Lehre ein, eine Vielzahl von Nahfeldlichtquellen rasterförmig nebeneinander anzuordnen und die einzelnen Nahfeldlichtquellen gemeinsam oder nacheinander anzuregen. Die einzelnen Nahfeldlichtquellen bestehen jeweils aus einem Hohlkanal in einem vorzugsweise aus Halbleitermaterial bestehenden Trägerelement, wobei die einzelnen Hohlkanäle mindestens teilweise mit einem excitonenaktiven Material gefüllt sind. Der Begriff Hohlkanal ist hierbei und im folgenden allgemein zu verstehen und nicht auf durchgehende Kanäle beschränkt, sondern schließt auch Hohlräume in dem Trägerelement mit ein. Entscheidend für die erfindungsgemäße Funktion ist lediglich, daß in das Trägerelement excitonenaktives Material eingebracht werden kann und das excitonenaktive Material anschließend für eine Anregung durch einen Laser- oder Elektronenstrahl zugänglich ist, wofür eine Strahlungsquelle vorgesehen ist, die auf der probenabgewandten Seite des Trägerelements angeordnet ist.

Die Halbleiterplatte besteht vorzugsweise aus einem Gallium-Arsenid-Halbleiter, jedoch ist die Realisierung der erfindungsgemäßen Nahfeldlichtquelle auch mit anderen Halbeiter-Verbindungen möglich. Als excitonenaktives Material in
den einzelnen Hohlkanälen eignet sich insbesondere Anthrazen, jedoch ist auch die Verwendung von anderen excitonenaktiven Materialien, wie beispielsweise amorphem oder porösem Silizium, möglich.

In einer Variante der Erfindung ist die zur Anregung des excitonenaktiven Materials dienende Strahlungsquelle ein 25 Laser, wobei die Weiterleitung der von dem Laser erzeugten Strahlung zu den einzelnen Nahfeldlichtquellen durch ein Lichtleiterbündel erfolgt. Die probenseitigen Enden der einzelnen Lichtwellenleiter enden hierbei jeweils im Bereich eines Hohlkanals, wohingegen die probenabgewandten 30 Enden jeweils mit dem Laser verbunden sind. Zur Verbesserung der optischen Ankopplung der einzelnen Lichtleiter

wird das Lichtleiterbündel vorzugsweise so getapert, daß das distale Ende querschnittsangeglichen ist und auf das Trägerelement aufgesetzt werden kann. Die Anregung der einzelnen Nahfeldlichtquellen kann hierbei gemeinsam für alle Nahfeldlichtquellen oder sequentiell mittels eines Laser-Scanners erfolgen, der das erzeugte Licht nacheinander in die einzelnen Lichtleiter des Lichtleiterbündels einkoppelt.

In einer anderen Variante der Erfindung erfolgt die Anre-10 gung der einzelnen Nahfeldlichtquellen dagegen nicht optisch, sondern mittels eines Elektronenstrahls. Hierzu ist auf der probenabgewandten Seite des Trägerelements ein Elektronenstrahler vorgesehen, wobei zwischen dem Trägerelement und dem Elektronenstrahler eine Ablenkvorrichtung 15 angeordnet ist, die den Elektronenstrahl nacheinander auf die einzelnen Nahfeldlichtquellen richtet. In einer Ausführungsform dieser Variante der Erfindung besteht die Ablenkvorrichtung aus Kondensatorplatten, die vor dem Elektronenstrahler angeordnet sind und den Elektronenstrahl aufgrund 20 des zwischen den Kondensatorplatten bestehenden elektrischen Feldes ablenken, so daß der Ablenkwinkel durch die elektrische Spannung an den Kondensatorplatten eingestellt werden kann. In einer anderen Ausführungsform weist die Ablenkvorrichtung dagegen eine Spule auf, die vor dem Elek-25 tronenstrahler angeordnet ist und ein magnetisches Feld erzeugt, so daß der Elektronenstrahl aufgrund der Lorenzkraft abgelenkt wird.

Besonders vorteilhaft ist die Anordnung der erfindungsgemäßen Nahfeldlichtquelle im Strahlengang eines inversen Laser-Scan-Mikroskops, wobei die Anregung der einzelnen Nahfeldlichtquellen durch den Laser erfolgt.

15

In der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung der Erfindung dient das Trägerelement zusätzlich zur Aufnahme der Probe und ist hierzu auf der Probenseite plan, so daß die Probe direkt auf das als Objektträger dienende Trägerele5 ment aufgebracht werden kann.

Andere vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet bzw. werden nachstehend zusammen mit der Beschreibung der bevorzugten Ausführung der Erfindung anhand der Figuren näher dargestellt. Es zei10 gen:

- Figur 1 als bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung eine Nahfeldlichtquelle zur Hintergrundbeleuchtung in einem Mikroskop mit einem Elektronenstrahler zur Anregung der einzelnen Nahfeldlichtquellen in perspektivischer Darstellung,
- Figur 2 eine weitere erfindungsgemäße Nahfeldlichtquelle mit einem Laser und einer Ablenkvorrichtung zur sequentiellen Anregung der einzelnen Nahfeldlichtquellen ebenfalls in perspektivischer Darstellung,
- 20 Figur 3 eine erfindungsgemäße Nahfeldlichtquelle mit einem Laser zur Anregung der einzelnen Lichtquellen und einem Lichtleiterbündel zur gemeinsamen Anregung der einzelnen Nahfeldlichtquellen sowie
- Figur 4 eine Nahfeldlichtquelle einer der vorstehend genannten Ausführungsbeispiele im Querschnitt.

Figur 1 zeigt eine Halbleiterplatte 1 aus Gallium-Arsenid als Trägerelement für eine Vielzahl von Nahfeldlichtquellen, die detailliert in Figur 4 dargestellt sind. Zur Auf-

nahme der einzelnen Nahfeldlichtquellen weist die Halbleiterplatte 1 eine Vielzahl von durchgehenden Hohlkanälen 2 auf, die teilweise mit Anthrazen 3 als excitonenaktivem Material gefüllt sind. Zur Herstellung der dargestellten An-5 ordnung wird zunächst mit laserinduzierten elektromagnetischen Oberflächenwellen (SEW) ein photochemischer Ätzprozeß auf einer massiven Halbleiterplatte 1 durchgeführt. Hierbei wird in Anwesenheit von He/CH3Br als Ätzgas über holographische Gitter s- bzw. p-polarisiertes UV-Laserlicht in ei-10 nem für die Abbildung geeigneten Winkel auf die Halbleiterplatte 1 gestrahlt. Hierdurch entsteht in der Halbleiterplatte 1 eine Vielzahl Mulden, die in der Halbleiterplatte 1 rasterförmig angeordnet sind, wobei das Rastermaß 335 nm und die Muldentiefe 200 nm beträgt. Anschließend erfolgt 15 dann ein planparalleler Mikroanschliff der Halbleiterplatte 1 von der inversen Seite her so lange, bis der Ätz-Mulden-Anschnitt realisiert ist. Der Mulden-Anschnitt durch den planparallelen Mikroanschliff wird so lange in die Tiefe geführt, bis sich die Hohlkanäle 2 in der Halbleiterplatte 20 1 gebildet haben und die gewünschte Apertur bei einer distalen Muldenöffnung von 100 nm erreicht ist. In die einzelnen Hohlkanäle 2 wird dann jeweils Anthrazen 3 als excitonenaktives Material durch Lösungsmittel-Verdampfung eingebracht. Durch den planparallelen Mikroanschliff 25 gleichzeitig ein mikroskopischer Objektträger geschaffen, so daß eine mikroskopisch zu untersuchende Probe 4 direkt auf die Halbleiterplatte aufgebracht werden kann.

Die Anregung der einzelnen Nahfeldlichtquellen erfolgt hierbei durch einen Elektronenstrahl 5, der von einem auf 30 der probenabgewandten Seite der Halbleiterplatte 1 angeordneten Elektronenstrahler 6 abgegeben wird. Zur Verdeutlichung ist der Elektronenstrahler 6 hierbei in einem anderen Abbildungsmaßstab dargestellt als die Halbleiterplatte 1 mit den einzelnen Nahfeldlichtquellen. So erscheint die Halbleiterplatte 1 im Verhältnis zu dem Elektronenstrahler 5 6 stark vergrößert.

Zwischen dem Elektronenstrahler 6 und der Halbleiterplatte 1 ist weiterhin eine Ablenkvorrichtung angeordnet, die den Elektronenstrahl 5 sequentiell in Richtung der einzelnen Nahfeldlichtquellen ablenkt. Die Ablenkvorrichtung weist 10 hierzu zwei Paare von Kondensatorplatten 7.1, 7.2, 8.1, 8.2 auf, die den Elektronenstrahl 5 jeweils paarweise umgeben und aufgrund des elektrischen Feldes zwischen den Kondensatorplatten 7.1, 7.2, 8.1, 8.2 ablenken. Der Ablenkwinkel des Elektronenstrahls 5 kann also durch die Kondensatorspannung eingestellt werden. Die beiden Paare von Kondensatorplatten 7.1, 7.2, 8.1, 8.2 sind hierbei unterschiedlich ausgerichtet und werden getrennt angesteuert, um den Elektronenstrahl 5 in unterschiedliche Richtungen ablenken zu können.

20 Das von den einzelnen Nahfeldlichtquellen erzeugte Licht durchtritt dann die Probe 4 und wird über eine nur schematisch dargestellte Optik 10 einem Detektor-Array 11 zugeführt, das somit ein Bild der Probe 4 aufnimmt.

Figur 2 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfin25 dungsgemäßen Nahfeldlichtquelle, das mit dem vorstehend beschriebene Ausführungsbeispiel weitgehend übereinstimmt, so
daß - wie auch im folgenden - für bau- und funktionsgleiche
Details durch dieselben Bezugszeichen gekennzeichnet sind.
Hierbei ist die Halbleiterplatte 1 - wie bereits in Figur 1

- gegenüber den restlichen Details der Zeichnung stark vergrößert.

Im Gegensatz zu dem vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiel erfolgt die Anregung der einzelnen Nahfeldlichtquellen hierbei jedoch durch einen Laserstrahl 12, der von einem auf der probenabgewandten Seite der Halbleiterplatte 1 angeordneten Argon-Ionen-Laser 13 erzeugt wird. Die Anregung der einzelnen Nahfeldlichtquellen durch den Laserstrahl 12 erfolgt hierbei ebenfalls sequentiell, indem der Laserstrahl 12 von einer Ablenkvorichtung nacheinander in Richtung der einzelnen Nahfeldlichtquellen abgelenkt wird. Die Ablenkvorrichtung besteht im wesentlichen aus einem durch Schrittmotoren verstellbaren Spiegel 14, der im Strahlengang des Lasers 13 angeordnet ist und den Laserstrahl 12 in Abhängigkeit von der Stellung des Spiegels 14 auf eine der Nahfeldlichtquellen ablenkt.

Figur 3 zeigt schließlich ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei dem die Anregung der einzelnen Lichtquellen ebenfalls mit einem Laser 15 erfolgt. Die Halbleiterplatte 1 ist gegenüber den restlichen Bauteilen wiederum wie in den Figuren 1 und 2 - stark vergrößert dargestellt. Im Gegensatz zu den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen erfolgt die Anregung der einzelnen Nahfeldlichtquellen hierbei jedoch nicht sequentiell, sondern gleichzeitig. Hierzu ist ein Lichtleiterbündel 16 vorgesehen, dessen einzelne Fasern 16.1 bis 16.6 das von dem Laser 15 erzeugte Licht jeweils zu einer der Nahfeldlichtquellen führen.

Die Erfindung beschränkt sich in ihrer Ausführung nicht auf die vorstehend angegebenen bevorzugten Ausführungsbeispie-

- 9 -

le. Vielmehr ist eine Anzahl von Varianten denkbar, welche von der dargestellten Lösung auch bei grundsätzlich anders gearteten Ausführungen Gebrauch macht.

* * * *

Ansprüche

 Nahfeldlichtquelle, insbesondere zur Hintergrundbeleuchtung einer Probe (4) in einem Mikroskop,

mit einem Trägerelement (1) mit einem im wesentlichen parallel zur Lichtaustrittsrichtung verlaufenden Hohlkanal

5 (2), der mindestens teilweise mit einem excitonenaktiven Material (3) gefüllt ist sowie

einer auf der probenabgewandten Seite des Trägerelements (1) angeordneten Strahlungsquelle (6, 13, 15) zur Anregung des excitonenaktiven Materials (3) zur Lichtabgabe,

10 dadurch gekennzeichnet,

daß das Trägerelement (1) zur Vergrößerung des Beleuchtungsfeldes eine Vielzahl von nebeneinander angeordneten, jeweils im wesentlichen parallel zur Lichtaustrittsrichtung verlaufenden Hohlkanälen (2) aufweist, die mindestens teilweise mit einem excitonenaktiven Material (3) gefüllt sind.

- 2. Nahfeldlichtquelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägerelement (1) plattenförmig ist.
- Nahfeldlichtquelle nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägerelement (1) aus einem Halb leitermaterial besteht.
 - 4. Nahfeldlichtquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zur Anregung des excitonenaktiven Materials (3) dienende Strahlungsquelle

ein Laser (15) ist und zur Weiterleitung der von dem Laser (15) abgegebenen Strahlung zu den einzelnen Hohlkanälen (2) ein Lichtleiterbündel (16) vorgesehen ist, wobei die probenseitigen Enden der einzelnen Lichtleiter (16.1 bis 16.6) jeweils im Bereich eines der Hohlkanäle (2) enden und die probenabgewandten Enden der einzelnen Lichtleiter (16.1 bis 16.6) der Strahlungsquelle (15) zugewandt sind.

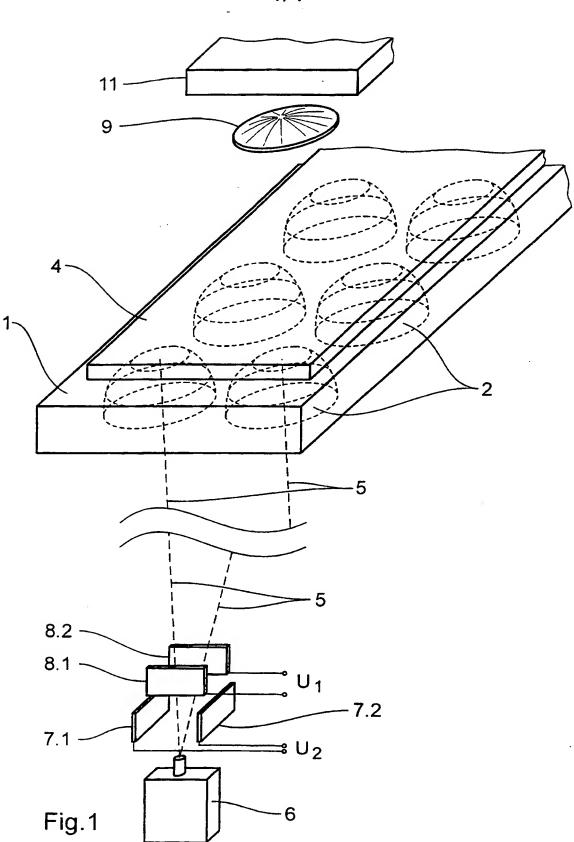
- Nahfeldlichtquelle nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur optischen Ankopplung des Lichtleiterbün dels (16) an die Hohlkanäle (2) ein Taper-Koppler vorgesehen ist.
- 6. Nahfeldlichtquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlungsquelle ein Elektronenstrahler (6) oder ein Laser (13) ist und zur Ablenkung des Elektronenstrahls (5) bzw. des Laserstrahls (12) auf die verschiedenen Hohlkanäle (2) zwischen dem Elektronenstrahler (6) bzw. dem Laser (13) und dem Trägerelement (1) eine Ablenkvorrichtung (7.1, 7.2, 8.1, 8.2 bzw. 14) angeordnet ist.
- 7. Nahfeldlichtquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägerelement (1) zur direkten Aufbringung der Probe (4) mindestens probenseitig plan ist.
- 8. Nahfeldlichtquelle nach einem der vorhergehenden An-25 sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlkanäle (2) in

dem Trägerelement (1) in Form eines Rasters mit einem vorgegebenen Rastermaß angeordnet sind.

- 9. Nahfeldlichtquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt der 5 einzelnen Hohlkanäle (2) in Lichtaustrittsrichtung abnimmt.
 - 10. Nahfeldlichtquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das excitonenaktive Material (3) amorphes oder poröses Silizium oder Anthrazen ist.

10 * * * * *





٠

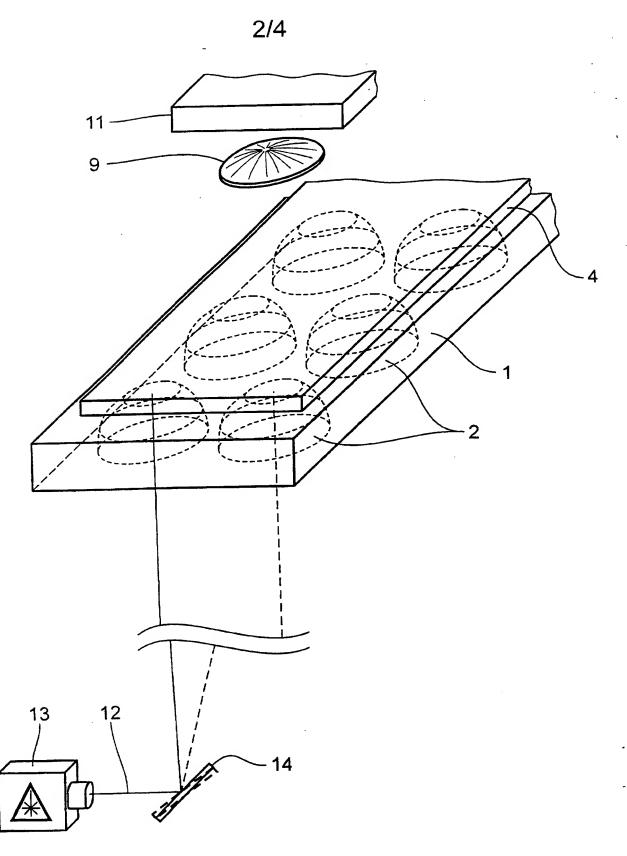


Fig.2

WO 97/25644 PCT/DE97/00059

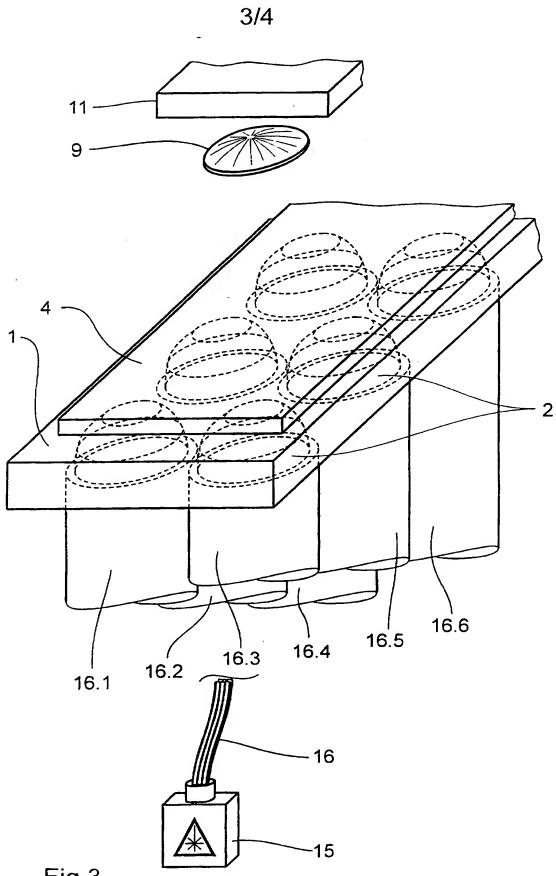


Fig.3

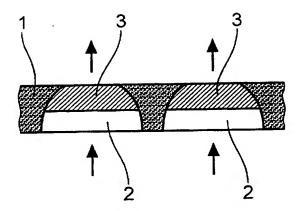


Fig.4